

方程式解法ソフト EQUATRAN-G

(株) オメガシミュレーション

1. はじめに

工学や物理などの分野に限らず、方程式によって問題を解くといったことは少なくありません。一般的に解析的な解が求められる方程式は少なく、数値計算によって方程式の解を求める方法が多く研究されてきました。技術計算の分野では技術者・研究者自らFORTRANあるいはBASICを使い、数値計算手法の知識を駆使してプログラムを作り、問題を解決してきました。しかし、満足するプログラムを作るまでには、多くの時間と労力が必要になっていました。

●数値計算の簡易言語

ここで紹介するEQUATRAN-Gはこのような技術計算の悩みを一気に解決してくれるソフトです。技術計算をプログラミングせず簡便に行えるソフトで、「数値計算の簡易言語」と言えるものです。

EQUATRAN-Gは1985年に三井東圧化学が開発して販売をはじめたEQUATRAN-Mが原型になっています。

現在はWindows用としてEQUATRAN-Gを販売しています。Windows XP/2000/NT/Me/98SE に対応しています。なお、大学向けの割引価格やネットワーク対応もありますので、お問い合わせください。

2. EQUATRAN-Gの概要

●応用例

EQUATRAN-Gの基本となる機能は方程式の解法です。方程式をそのまま入力すると直接数値解を得ることができます。たとえば、図1のような5元連立方程式を入力したのち実行を指示すると、図の下のような計算結果を得ることができるのです。

しかし、単に方程式が解けると言われても、実際の仕事にどのように使えるのか、なかなか結びつかないかもしれませんので、そのあたりを説明しましょう。

```

/* 5元連立方程式 */

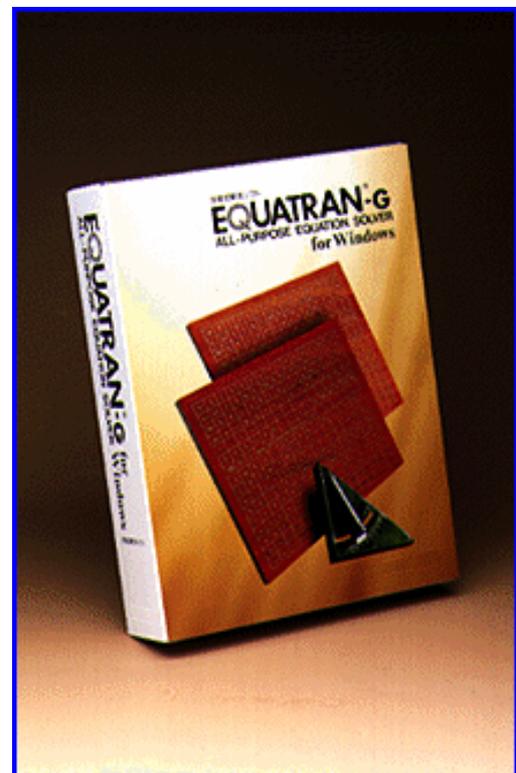
A + B - C + 2*D + E = 7
A + 6*B + 2*C - 3*D = 12
2*A - B + 5*C - D + 3*E = -2
-A - 2*B + C - 2*E = 3
A + B - 5*C + D - 4*E = 1

OUTPUT A, B, C, D, E

<< 計算結果 >>
A = -1.264706
B = 3.738754
C = 3.624567
D = 5.472318
E = -2.794118

```

図1 5元連立方程式



一番身近な応用は、データから近似式を作るカーブフィッティングでしょう。観測データや文献などのデータから近似式を求めるのに最小2乗計算をし、データと近似式をグラフにプロットして評価できます。理系の学部を卒業した人ならば必ずや経験があるでしょうし、実験を伴う研究業務にはつきものといえるでしょう。

線形・非線形連立方程式を使えば、時間依存のない電気回路の計算、化学平衡計算、管路網の計算やプロセスの物質収支計算などのいわゆるバランス計算を解くことができます。

連続系のダイナミックシミュレーションは、常微分方程式でモデル化できます。振動系のシミュレーション、電気回路の過渡現象の解析、制御系の解析や設計、反応速度の検討、反応器のようなプラント機器の設計、血液循環系のシミュレーションや社会システムのシミュレーションなどがあります。

●EQUATRAN とプログラミング言語との違い

プログラミング言語とはどこが違うのか、図2で説明しましょう。これは、問題を解く場合のアプローチの違いを示しています。

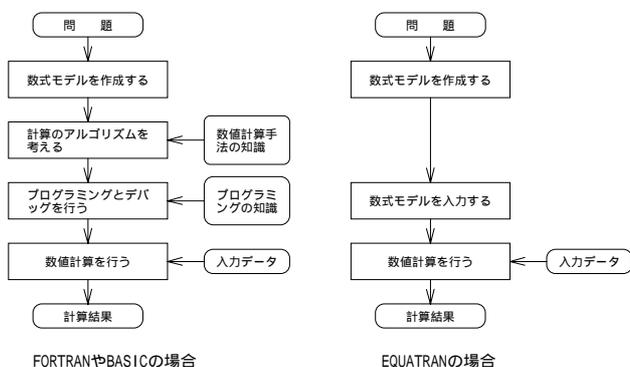


図2 問題解法のアプローチ

左側がFORTRANやBASICなどのプログラミング言語の場合です。数式モデルを作成したら、まず計算の手続き、すなわちアルゴリズムを考えます。このとき、線形・非線形方程式や常微分方程式などが含まれる場合は、それぞれの数値計算の手法（たとえば、常微分方程式を解くのであればルンゲ・クッタ法など）の知識が必要になります。次にそのアルゴリズムにしたがってFORTRANやBASICによりプログラムを作成し、正しく計算できるように誤りを直

します（デバッグします）。今度はその言語の文法などプログラミングの知識が要求され、また多くの時間と労力が必要となります。

これに比べ右側のEQUATRAN-Gの場合は、一番やっかいな部分であるアルゴリズムを考える段階と、プログラミングおよびデバッグの段階を自動化してくれます。数式モデルを正しく入力しさえすればよいので、ほしいときに答えが得られると同時に、各人が抱えている本来の専門の仕事に専念できることとなります。

3. EQUATRAN-Gの各機能

つぎにEQUATRAN-Gの各機能をすこし細かく見ていきましょう。

●方程式解法機能

EQUATRAN-Gでは、線形連立方程式、非線形連立方程式、常微分方程式（高階または非線形を含む）、そして最適化計算、最小2乗法計算（非線形を含む）を数値的に解くことができます。

方程式はそのままの形で入力すればよく、変形したり、解く順序に並び替える必要はありません。解く順序は、EQUATRAN-Gが自動的に生成してくれます。

線形・非線形連立方程式の場合は、そのまま入力するだけです。特に非線形の場合は、一般に直接解くことができないので、繰り返し収束計算が必要になりますが、EQUATRAN-Gでは線形部分や非線形部分を判断して、それぞれの計算手法を自動的に組み込みます。なお、ユーザーが繰り返し収束計算の方法を指定することも可能です。常微分方程式の場合は、積分の指定をする文をひとつ記述するだけで、高階の方程式でもそのまま扱うことができます。最適化計算も独立変数と評価変数を指定するだけです。

EQUATRAN-Gでは、以上の方程式を解く問題のほかに、これらの方程式が混在した複合問題、たとえば常微分方程式と線形・非線形連立方程式が混在した問題、最適化計算の中に非線形連立方程式が含まれるような問題なども、扱うことができます。さらにユーザー関数を利用すれば、高度な複合問題（多重積分、2点境界値問題、動的システムのパラメータ同定問題、MINIMAX問題など）も扱えます。

●方程式記述機能

数式モデルを簡潔に記述するために、以下のような豊富な記述機能を持っています。

- ・配列変数…1次元および2次元の配列変数が扱えます。
- ・組み込み関数…対数、指数、三角関数など36個の関数が内蔵されています。
- ・数表…変数間の関係が図や表として与えられている場合に、数表として定義し、方程式の中で関数のように利用できます。
- ・条件付きの式…条件によって場合分けされるような式を表現できます。
- ・ユーザー関数とマクロ…規模の大きな数式モデルはモジュール化して記述できます。

●グラフ作成機能

片対数・両対数グラフ、スプライン曲線による補間、1～3次式による近似曲線など、科学技術分野向けのグラフ機能が用意されています。自動設定機能により、簡単にグラフが作れ、しかも、各種のメイクアップ機能により、完成度の高いグラフが得られます。

●レポート作成機能

レポートの形に作成したテキスト（フォーム）中に、計算結果を任意の位置に、任意のフォーマットで埋め込むことができます。これにより、レポートの作成が容易にできます。

4. 応用分野

EQUATRANは現在国内で約2000セット以上が使われており、その応用分野は化学、機械、電気、制御などの各工学分野はもちろんのこと、医学、薬学、経済学などにまで及んでいます。数式モデルを用いる分野であればどこでも適用することができます。

特に化学工業分野では適応例が数多くあり、例題集にまとめられています。表1にその例題一覧を示しました。

表1 例題集 [化学工学編] 例題一覧

分類	タイトル
熱力学および物性	SRK状態方程式による圧縮係数の計算
熱力学および物性	Antoine式による蒸気圧の近似
熱力学および物性	定圧モル比熱の2次式への近似
熱力学および物性	Wilson式のパラメータ推定および再現計算
熱力学および物性	NRTL式による液液平衡計算
熱力学および物性	化学平衡計算
移動現象	層流境界層の速度分布の計算
粉粒体の特性	気流中の粒子の運動シミュレーション
流動	縮流管での圧力損失の計算
流動	管路網の流量と圧力の計算
流動	コーナータップオリフィスの設計
流動	サージタンクの動的シミュレーション
伝熱	平板の1次元熱伝導の計算
伝熱	正四角柱の2次元熱伝導の計算
伝熱	向流型熱交換器の計算
伝熱	並流型熱交換器の計算
伝熱	1-2 shell-tube型熱交換器の計算
伝熱	三連向流熱交換器の計算
伝熱	三連熱交換器ネットワークの最適計算
蒸発	三重効用缶の設計
蒸留	単蒸留の計算
蒸留	平衡フラッシュ計算
蒸留	沸点計算
蒸留	簡易蒸留計算
蒸留	McCabe-Thieleの図計算法による段数計算
蒸留	Thiele-Geddes法による蒸留計算
蒸留	回分蒸留計算
蒸留	充填塔の充填高さおよび塔径の計算
吸収	吸収塔の塔高計算
吸着・イオン交換	吸着平衡式のパラメータ推定
吸着・イオン交換	圧カスイング吸着の循環定常法計算
調湿・水冷却	空気調湿の計算
反応装置設計	連続攪拌槽型反応器の解析
反応装置設計	回分攪拌槽型反応器の解析
反応装置設計	管型反応器（押し出し流れモデル）の解析
反応装置設計	管型反応器（軸方向拡散モデル）の解析
反応装置設計	管型反応器（半径方向拡散モデル）の解析
生化学反応	酵素反応の追跡計算
プロセスの計画と設計	Williams-Ottoプロセスの物質収支計算
プロセスの計画と設計	Williams-Ottoプロセスの最適設計
プロセスの計画と設計	プロピレン製造プロセスの物質収支計算
プロセスの計画と設計	スチレン重合反応器のシミュレーション
プロセスの管理と制御	分解炉の温度制御シミュレーション

5. 例題

●例題 1 二酸化炭素の熱容量

(カーブフィッティング)

つぎのような二酸化炭素の熱容量の文献データがある。温度を x 、熱容量を y として、最小2乗法で3次式に近似せよ。

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (1.1)$$

温度[K]	熱容量[J/mol·K]
250	35.44
300	37.52
400	41.44
500	44.68
700	49.59
1000	54.32
1200	56.34
1500	58.38

・数式モデル

(1.1)式の係数 a 、 b 、 c 、 d を決定するわけですが、これらにより計算される熱容量の値を $ycal$ として、 i 番目の測定値に対する量に添え字 i を付けて表すと

$$ycal_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3 \quad (1.2)$$

となります。最小2乗法の考え方により、誤差 e の2乗和 S

$$e_i = y_i - ycal_i \quad (1.3)$$

$$S = \sum_{i=1}^8 e_i^2 \quad (1.4)$$

を最小とする a 、 b 、 c 、 d を求めることとなります。(1.1)式は係数について線形になっていますので、正規方程式を導出して解けば一意的に決めることができます。ここでは別の方法、すなわち最小2乗法問題を解法する機能を使って解いてみることにします。なお、 a^2 のように係数にべき乗が付いていたり、 $\sin a$ のように係数が初等関数のなかにあるなど非線形の場合には、正規方程式が利用できませんので、こちらの方法を使うこととなります。

・ソーステキストの作成と計算の実行

EQUATRAN-Gを起動してみると、図3のようなウィンドウが開かれます。



図3 EQUATRAN-Gのウィンドウ

問題を解くために数式モデルを入力して、ソーステキストを作成します。新規に作成する場合は[新規作成]コマンドを、すでにあるファイルを修正するのであれば、[開く]コマンドを実行します。子ウィンドウとしてエディタが開かれますので、図4のようにここにソーステキストを入力していきます。

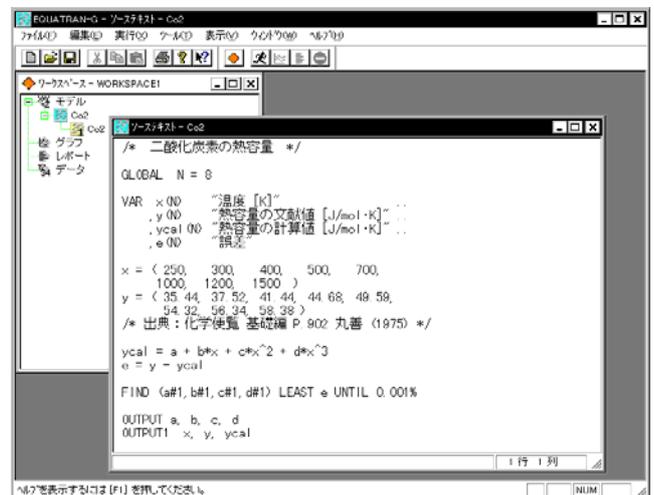


図4 例題1のソーステキスト

/*と*/で囲んだものはコメントであり、1行目は特別にタイトルとして扱われます。

3行目のGLOBAL文はNというパラメータの定義をしており、配列変数の配列の大きさを与えています。5~8行目のVAR (VARIABLEの略) 文は変数の定義をする文です。配列変数は使用前に定義する必要があります。一方、スカラー変数はBASICと同じように定義を省略することもで

きますが、定義しておけば変数の後ろに付けた説明項が表示の際に使われますし、後からこのソーステキストを見たときに分かりやすくなります。

10～13行目は配列変数 x と y に実験データの値を与えています。16～17行目は、(1.2)、(1.3)式がそのままの形で記述されているので説明はいらないでしょう。

そして、19行目のFIND文が最適化計算あるいは最小2乗法計算を指示する文で、この場合、LEASTのつぎにある e の2乗和を最小にする a 、 b 、 c 、 d の値を求めることを指示しています。また、#1 は初期仮定値を、UNTIL項は計算精度を指定しています。21行目のOUTPUT文は計算結果を出力する変数の指定です。

[ラン]コマンドを実行して計算の実行を指示すると、計算結果ウィンドウが開いて、図5のような結果が得られました。

したがって、近似式は

$$y = 22.23 + 0.0621x - 3.923 \times 10^{-5}x^2 + 9.2670 \times 10^{-9}x^3 \quad (1.5)$$

ということになります。



図5 例題1の計算結果

・グラフの作成

つぎに求めた係数が妥当なものか、グラフにして評価してみます。先ほど実行したときに計算結果が出力されたリザルトファイルを指定して、[実行]-[グラフ]コマンドを実行します。グラフには縦軸・横軸の上下限值や、目盛や罫線の間隔など多くの設定する項目がありますが、

EQUATRAN-Gには自動設定機能があるので、縦軸・横軸に変数名を指定するだけで、とりあえずグラフができあがります。あとは自分の気に入るように編集してやりますが、対応するところ（たとえば、軸の上下限值を変更するのであれば、軸の近傍）でマウスをダブルクリックすると、修正用のダイアログボックスが表示されますので、簡単に編集ができます。最終的に完成したグラフは図6です。この3次式は文献データをよく表現できていると言えます。

なお、EQUATRAN-Gのグラフ機能は、片対数・両対数グラフ、スプライン曲線による補間や、直線、2次・3次曲線近似などの科学技術グラフ向けの機能をもっています。

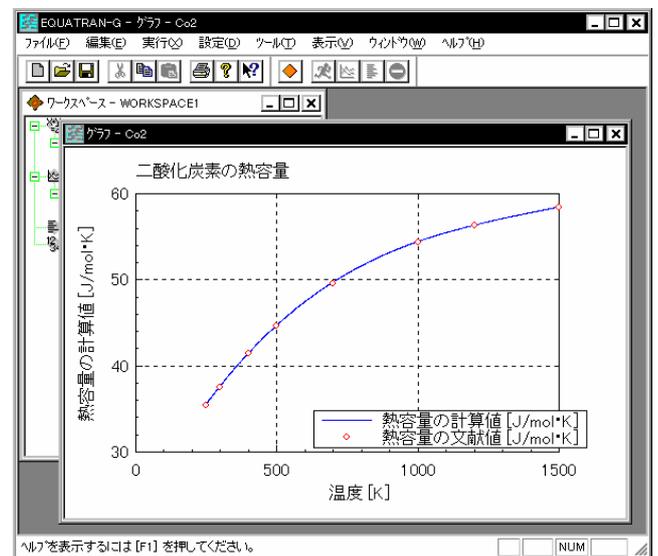
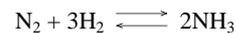


図6 例題1の計算結果（グラフ）

●例題2 アンモニア製造プロセスの物質収支（静的なバランス計算）

アンモニアは、以下のように窒素と水素から直接合成される（Haber法）。



設計の第1段階としてプロセスの大まかなバランスを計算することとし、図7のような簡略化したフローを考える。原料は乾燥した水素と窒素ガスで、不純物としてアルゴンとメタンを含む。反応器では200atm、500℃の条件で触媒の存在下で反応が行われる。反応器出のガスは冷却、凝縮により分離し、未反応ガスはリサイクルされて、液体アンモニアは製品として取り出される。また、

未反応ガス中の不純物の蓄積をパージにより防ぐ。

原料の組成（モル分率）がおのおの $N_2 : 0.240$ 、 $H_2 : 0.743$ 、 $Ar : 0.006$ 、 $CH_4 : 0.011$ で、その流量が 100 [kmol/h] の場合の物質収支計算をせよ。

化学平衡定数 K を組成を x_j 、圧力を P として以下のように定義し

$$K = K' P^2 = \frac{x_{NH_3}^2}{x_{N_2} x_{H_2}} \quad (2.1)$$

$K=0.35$ の値を用いる。分離器での液体アンモニアへの分離は、入ってくる成分流量に対する分離比で与え 0.512 とし、未反応ガスのパージ比率は $\alpha=0.02$ とする。また、各ガスのアンモニアに対する溶解度 $[\text{kmol/kmol}]$ は、それぞれ $N_2 : 0.00160$ 、 $H_2 : 0.00740$ 、 $Ar : 0.00043$ 、 $CH_4 : 0.00225$ とする。¹⁾

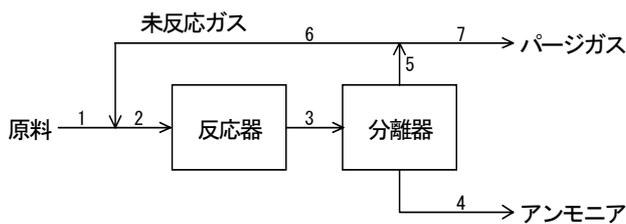


図7 アンモニア製造プロセス

図7のように各ストリームに1から番号を振り、各ストリームについて、 N_2 、 H_2 、 NH_3 、 Ar 、 CH_4 の5成分の流量を考えます。すなわち、ストリーム数(7)×成分数(5)の2次元の配列変数である、成分流量 $f_{i,j} \text{ [kmol/h]}$ を定義して用います($i=1,2\dots7$ 、 $j=1,2\dots5$)。

反応器前の混合器では、

$$f_{1,j} + f_{6,j} = f_{2,j} \quad (2.2)$$

が成り立ちます。

反応器まわりでは、化学量論からN原子およびH原子について、入り出の原子数が等しいので

$$f_{2,N_2} \times 2 + f_{2,NH_3} = f_{3,N_2} \times 2 + f_{3,NH_3} \quad (2.3)$$

$$f_{2,H_2} \times 2 + f_{2,NH_3} \times 3 = f_{3,H_2} \times 2 + f_{3,NH_3} \times 3 \quad (2.4)$$

が成り立ちます。なお、不純物の Ar 、 CH_4 は反応に関与しませんので、入ったものがそのままの流量で出ていきます。

$$f_{2,Ar} = f_{3,Ar} \quad (2.5)$$

$$f_{2,CH_4} = f_{3,CH_4} \quad (2.6)$$

分離器まわりでは、

$$f_{3,j} = f_{4,j} + f_{5,j} \quad (2.7)$$

であり、パージする分配器のまわりでは、パージ比率が α ですから

$$f_{5,j} = f_{6,j} + f_{7,j} \quad (2.8)$$

$$f_{7,j} = f_{5,j} \alpha \quad (2.9)$$

が成り立ちます。

そして、ストリームのトータル流量を $F_i \text{ [kmol/h]}$ とすると

$$F_i = \sum_{j=1}^5 f_{i,j} \quad (2.10)$$

で計算できます。

以上の関係をソーステキストにしたのが図8です。3行目のLOCAL文はパラメータを定義しており、実行時にこれらの左辺の文字列は右辺の数値に置き換えられます。10行目は原料の成分流量です。そして、13行目が(2.2)式、16～19行目が(2.3)～(2.6)式、24、32、33、35行目が(2.7)～(2.10)式であることは容易に分かるとと思います。

20～21行目が化学平衡式(2.1)式ですが、組成 x_j は $f_{i,j} / F_i$ で計算しています。また、この化学平衡式は非線形になっており、解くために収束計算が必要になります。そのため、の繰り返し収束計算の指定が35行目にしてあります。f(3,H2)を繰り返し変数に、収束のチェックをする式にeqのラベルを付けた20行目の式を指定しています。なお、f(3,H2)の後の数字はそれぞれ順に初期仮定値、下限値、上限値を意味します。

25～29行目は、液体アンモニア中の各成分流量を、アンモニアの分離比と各ガスの溶解度を使って与えています。

39行目は出力する変数の指定ですが、f'はfの第1添字と

第2添字を入れ替える転置配列を指定しています。これにより横方向にストリームを縦方向に成分を出力して見やすくしています。

図9に計算結果を示しました。トータル流量と成分流量が求まりました。

```

1: /* アンモニア製造プロセスの物質収支 */
2:
3: LOCAL N2=1, H2=2, NH3=3, AR=4, CH4=5
4: VAR f(7,5) "成分流量 [kmol/h]"
5: ,F(7) "トータル流量 [kmol/h]"
6: ,alpha = 0.02 "パーcentage [-]"
7: ,K = 0.35 "化学平衡定数"
8:
9: /* 原料 */
10: f(1) = ( 24.0, 74.3, 0, 0.6, 1.1 )
11:
12: /* 混合器 */
13: f(1) + f(6) = f(2)
14:
15: /* 反応器 */
16: f(2, N2)*2 + f(2, NH3) = f(3, N2)*2 + f(3, NH3)
17: f(2, H2)*2 + f(2, NH3)*3 = f(3, H2)*2 + f(3, NH3)*3
18: f(2, AR) = f(3, AR)
19: f(2, CH4) = f(3, CH4)
20: eq: (f(3, NH3)/F(3))^2
21: = K * (f(3, N2)/F(3)) * (f(3, H2)/F(3))^3
22:
23: /* 分離器 */
24: f(3) = f(4) + f(5)
25: f(4, NH3) = f(3, NH3) * 0.512
26: f(4, N2) = f(3, NH3) * 0.00160
27: f(4, H2) = f(3, NH3) * 0.00740
28: f(4, AR) = f(3, NH3) * 0.00043
29: f(4, CH4) = f(3, NH3) * 0.00225
30:
31: /* 分配器 */
32: f(5) = f(6) + f(7)
33: f(7) = f(5) * alpha
34:
35: F = SUM( f )
36:
37: RESET f(3, H2) # 500[0,1000] BY eq
38:
39: OUTPUT F, f~
    
```

図8 例題2のソーステキスト

```

/* アンモニア製造プロセスの物質収支 */
<< 計算結果 >>
F = : トータル流量 [kmol/h]
1) 100      2) 770.0656      3) 726.7461      4) 43.00568
5) 683.7404  6) 670.0656      7) 13.67481
f~ = : 成分流量 [kmol/h]
( 1)      ( 2)      ( 3)      ( 4)
1) 24      135.3393     113.6796     0.06801468
2) 74.3     515.6024     450.6231     0.3145679
3) 0        39.70623     83.02574     42.50918
4) 0.6     29.10433     29.10433     0.01827895
5) 1.1     50.31336     50.31336     0.09564565
( 5)      ( 6)      ( 7)
1) 113.6116  111.3393     2.272232
2) 450.3085  441.3024     9.006171
3) 40.51656  39.70623     0.8103312
4) 29.08605  28.50433     0.5817211
5) 50.21772  49.21336     1.004354
    
```

図9 例題2の計算結果

ここでは簡単な例を示しましたが、実務ではストリームの数が50~100、成分数も20程度は扱うことになりますし、熱収支を合わせて計算することもあります。このような、大規模な非線形連立方程式を解く問題にも、EQUATRAN-Gを適用することができます。

●例題3 制御系の応答

(ダイナミックシミュレーション)

図10のようなフィードバック制御系で、目標値 y_s が単位ステップ状に変化するとき、制御量 y および操作量 u の応答を求めよ。PIコントローラのゲイン K と積分時間 T_i はそれぞれ

$$K = 1.8, T_i = 5.2$$

とする。また、操作量は弁開度であって $|u| \leq 0.5$ という制限があるとする。²⁾

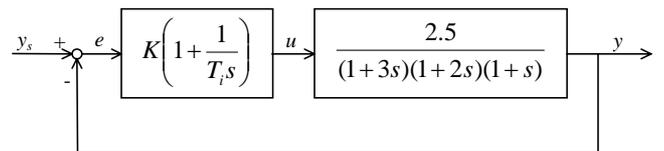


図10 フィードバック制御系

制御対象の伝達関数は

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2.5}{6s^3 + 11s^2 + 6s + 1} \tag{3.1}$$

ですが、これを微分方程式の形に直すと

$$6 \frac{d^3 y}{dt^3} + 11 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + y = 2.5u \tag{3.2}$$

となります。

また、PI制御器の伝達関数は

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \tag{3.3}$$

ですから

$$u = K \left(e + \frac{z}{T_i} \right) \tag{3.4}$$

$$\frac{dz}{dt} = e \tag{3.5}$$

と直すことができます。

そして、題意より

$$e = y_s - y \quad (3.6)$$

です。

ソーステキストを図11に示しました。EQUATRAN-Gでは、微分方程式を記述するのに、アポストロフィ (') を微分記号として

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow x', \quad \frac{d^2x}{dt^2} \rightarrow x''$$

のように書き表します。11行目に制御対象の微分方程式(3.2)式が、13～15行目にPI制御器の(3.4)～(3.6)式が入力されています。

```

ソーステキスト - Seigyo
/* 制御系の応答 */
VAR ys = 1      "目標値"
  , y          "制御量"
  , u          "操作量"
  , uv         "弁開度"
  , K = 1.8    "ゲイン"
  , Ti = 5.2   "積分時間"
  , t         "時間"

6*y'' + 11*y' + 6*y + y = 2.5*uv

u = K*(e + z/Ti)
z' = e
e = ys - y

uv = u WHEN ABS(w) <= 0.5
    = 0.5 WHEN ABS(w) > 0.5

/* 初期条件 */
y' # 0; y # 0; z # 0

INTEGRAL t[0,50] STEP 0.05
TREND y, u, uv STEP 1
OUTPUT1 t, y, u, uv STEP 0.2
  
```

図11 例題3のソーステキスト

17～18行目は操作量 u と弁開度 uv の関係を与える条件付きの式で、弁開度の制限

$$u_v = \begin{cases} u & |u| \leq 0.5 \text{ のとき} \\ 0.5 & |u| > 0.5 \text{ のとき} \end{cases}$$

を表しており、WHEN以降の条件によって場合分けされて計算されます。

23行目のINTEGRAL文が積分の指定をする文で、 t について積分区間 $0 \sim 50$ で、きざみ 0.05 で積分することを指定しています。また、21行目は初期条件の指定で、24、25行目は出力の指定です。

このソーステキストを実行してみると、TREND文による積分の途中経過が出力ウィンドウに表示されます。しかし、数字の羅列では変化の様子がつかみにくいため、グラフに表示したのが図12です。応答の様子がよく分かります。

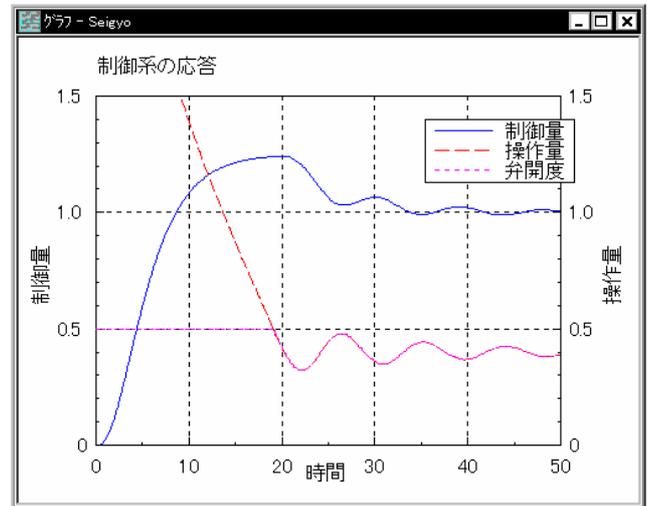


図12 例題3の計算結果 (グラフ)

6. 最後に

ここに示した例題は、説明のためもありますが、式の数が100に満たない簡単な例ばかりでした。実務ではもっと多くの方程式を扱うことになると思いますが、EQUATRAN-Gは方程式の数が1000を超えるような規模の大きな問題でも解くことができます。

例題3のように、EQUATRAN-Gでダイナミックシミュレーションが手軽にできますが、最近はこの技術が応用されてプロセス制御コンピュータなどの実時間システムに組み込まれたり、トレーニングシミュレータのモデル記述用として使われたりなど、その活躍の場をますます広げています。

<参考文献>

- 1) A.L.Myers, W.D.Seider著、大竹伝雄 訳：化学工学の基礎、P.198、培風館、(1982)
- 2) 化学工学協会編：化学工学プログラミング演習、P.154、培風館、(1976)

※EQUATRAN は三井化学 (株) の登録商標です。Windows は米国 Microsoft Corporation の登録商標です。その他の製品名などは一般に各社の商標または登録商標です。